

ностей изготовления и монтажа трубопроводов, 0-50% - на долю температурных перемещений, 3-25% - на долю перемещений от упругих деформаций.

Предлагаемая методика может быть использована также для оценки взаимозаменяемости разрабатываемой конструкции трубопровода.

Л и т е р а т у р а

1. В и г д о р ч и к С.А. Технологические основы проектирования и конструирования самолетов. Вып. I. МАИ, 1974.
2. Б у р ц е в К.Н. Металлические сильфоны. М., "Машгиз", 1963.
3. М я г к о в Н.Д. Допуски и посадки. М., "Машиностроение", 1966.
4. Б р о н ш т е й н И.Н., С е м е н д я е в К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М., Гос.изд. технико-теоретической литературы, 1953.

УДК 629.7.02: 629.7.071.001.4

Б.С.Ч у б е н к о

О ПОКАЗАТЕЛЯХ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ЗАВОДСКИХ ИСПЫТАНИЯХ

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с оценкой технологичности изделий при заводских контрольных испытаниях (ЗКИ) с учетом специфических факторов.

В настоящее время трудоемкость ЗКИ достигает 15-20% от общей трудоемкости изготовления изделий. Стоимость испытательного парка приборов и оборудования, необходимых для проведения ЗКИ, доходит до 30-40% от затрат в целом на производство изделий определенного типа.

Однако уровень проработки технологии ЗКИ отстает от современного технического уровня самих изделий. Объясняется это рядом обстоятельств. Во-первых, алгоритм ЗКИ и обеспечение испытательным парком приборов и оборудования полностью закладывается в конструкторской документации. При этом подробный технологический анализ самого алгоритма, как правило, отсутствует, что обусловлено слож-

ностью алгоритма и его большой зависимостью от конструкции изделия. Во-вторых, в методиках обработки конструкций изделий на технологичность и при оценке уровня технологичности изделий, определяемых государственными стандартами И8.831-73, И4.201+204-73, не учитываются специфические особенности ЭКИ как вида производства. В-третьих, отсутствуют как отраслевые РТМ, так и необходимые статистические данные для оценки технического уровня ЭКИ многих изделий.

Как следствие этого, в технической документации ОКБ и предприятий отрасли нечетко сформулированы требования к технологичности изделий с точки зрения ЭКИ.

Поэтому для сравнения конструктивных решений и обоснования выбора оптимального варианта конструкции изделия с точки зрения ЭКИ широко применяется качественная оценка по параметру "контролепригодность конструкции" [1]. Примеры качественной оценки даны в таблице.

Т а б л и ц а

Объект оценки	Технологическое решение	Нетехнологическое решение
Способ запитки систем при ЭКИ	Испытания систем изделия производятся от сетевых стабилизированных источников питания	Испытания выполняются от технологических батарейных источников, установленных по штатной схеме
Метод выбора маршрута прибора при ЭКИ	Приборы после проверок в лабораториях входного контроля (ЛВК) поступают на испытательный стенд изделия, устанавливаются вне изделия и после ЭКИ окончательно монтируются на изделие	Приборы из ЛВК поступают на сборку, затем снимаются для целей ЭКИ и повторно после ЭКИ устанавливаются штатно
Метод выбора маршрута изделия при ЭКИ	Изделие подается на ЭКИ со всеми необходимыми заправками систем рабочим телом	Заправки систем изделия рабочим телом осуществляются при ЭКИ последовательно
Конструкция изделия	Все контрольные ШР БКС и НКС собраны на одной плате в одной зоне изделия	Контрольные ШР БКС и НКС расположены по всей поверхности изделия
Конструкция приборных отсеков	Этажерочный тип с обеспечением доступа снаружи к любому блоку без его монтажа затенения другим блоком или узлом	Рамная схема с большим монтажным затенением блоков друг другом

1	2	3
Конструкция БКС	Плоский тип кабелей, совмещенных со скелетной схемой конструкции изделия	Жгутовой набор по типу "паук"
Конструктивная схема изделия	Отсеки изделия не расстыковываются для целей ЭКИ	Отсеки изделия расстыковываются при ЭКИ
Принципиальная схема систем контроля систем	Контрольные гнезда приборов систем собраны в единый блок	Контрольные гнезда приборов систем распределены по зонам изделия

Очевидно, что такая оценка обобщает лишь опыт разработчика и не позволяет определить степень различия технологичности сравниваемых вариантов.

Однако внедрение ЕСТП обуславливает необходимость дополнить государственные стандарты [2], [3] такими количественными показателями, которые учитывали бы специфику изделий и производство отрасли.

При ЭКИ основные виды технологичности — производственная и эксплуатационная — обладают общими признаками. Это определяет и общую область проявления технологичности конструкции изделия, а именно: проверку функционирования изделия, а также поиск и устранение обнаруженных неисправностей в системах.

Главными специфическими факторами, определяющими требования к технологичности конструкции изделия на стадии ЭКИ, являются: компоновочная схема систем изделия, подготовительные работы для ЭКИ, алгоритм ЭКИ, его обеспечение испытательным парком приборов и оборудования. Поэтому количественные показатели технологичности изделия зависят от указанных факторов. Эта зависимость характеризуется следующими признаками:

трудоемкостью сборочно-монтажных работ, которые необходимо выполнить до ЭКИ, во время их проведения и после окончания;

трудоемкостью повторных демонтажных работ во время проведения ЭКИ;

распределением времени ручной и автоматизированной проверки;

распределением времени между четырьмя этапами испытаний;

кубатурой испытательного парка приоров и оборудования;
кубатурой подготовленного для ЗКИ изделия.

В рассмотренных признаках можно выделить соответственно следующие слагаемые:

$$T_{\text{Гл.сб}} = T_1 + T_{\text{Зки}} + T_3; \quad (1)$$

$$T_{\text{Зки}} = T_4 + T_5,$$

где $T_{\text{Гл.сб}}$ - трудоемкость главной сборки изделия;

T_1 - трудоемкость сборочно-монтажных работ, которые необходимо выполнить по главной сборке до ЗКИ;

$T_{\text{Зки}}$ - трудоемкость сборочно-монтажных работ, которые выполняются во время проведения ЗКИ;

T_3 - трудоемкость сборочно-монтажных работ, выполненных после окончания ЗКИ;

T_4 - трудоемкость повторных демонтажных работ, выполняемых исключительно для целей ЗКИ;

T_5 - трудоемкость последовательных сборочно-монтажных работ при ЗКИ.

Время проведения ЗКИ

$$t_{\text{ли}} = t_p + t_{\text{авт}}, \quad (2)$$

где t_p - время, необходимое оператору для выполнения ручной проверки и обработки информации;

$t_{\text{авт}}$ - время автоматизированной проверки систем управления.

Время автоматизированной проверки систем управления

$$t_{\text{авт}} = t_{\text{и}} + t_{\text{пр}} + t_{\text{ку}} + t_{\text{с}}, \quad (3)$$

где $t_{\text{и}}$ - время 1-го этапа испытаний;

$t_{\text{пр}}$ - время 2-го этапа испытаний;

$t_{\text{ку}}$ - время 3-го этапа испытаний;

$t_{\text{с}}$ - время проверки исходного состояния после ЗКИ.

Кубатура, необходимая для ЗКИ,

$$V_{\text{ли}} = V_{\text{изд}} + V_{\text{пл}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{изд}}$ - кубатура, занимаемая изделием, подготовленным для ЗКИ;

$V_{\text{изд}}$ - кубатура испытательного парка приборов и оборудования.
Кубатура изделия

$$V_{\text{изд}} = V_{\text{рч}} + \Delta V_{\text{п}}, \quad (5)$$

(изделие собрано по главной сборке с габаритами, согласно теоретическому чертежу изделия),

где $\Delta V_{\text{п}}$ - приращение кубатуры изделия, вызванное подготовкой к ЗКИ.

Учитывая соотношения (1) - (4), можно составить систему следующих количественных показателей:

1. Коэффициент съемного оборудования при ЗКИ

$$K_{\text{с}} = \frac{T_4}{T_{\text{зки}}},$$

$K_{\text{с}}$ учитывает долю повторных демонтажных работ, выполненных после главной сборки для целей ЗКИ, $0 \leq K_{\text{с}} \leq 1$ - направление улучшения показателя.

2. Коэффициент сборочно-монтажной готовности изделия к ЗКИ

$$K_{\text{г}} = 1 - \frac{T_{\text{зки}}}{T_{\text{г}}},$$

$K_{\text{г}}$ учитывает распределение сборочно-монтажных работ между главной сборкой и ЗКИ, $0 \leq K_{\text{г}} \leq 1$ - направление улучшения показателя.

3. Коэффициент прямооточности сборки и испытаний

$$K_{\text{пр}} = 1 - \frac{T_3}{T_{\text{гл.сб}}},$$

$K_{\text{пр}}$ учитывает долю сборочно-монтажных работ по главной сборке после окончания ЗКИ, $0 \leq K_{\text{пр}} \leq 1$ - направление улучшения показателя.

4. Коэффициент степени автоматизации испытаний

$$K_{\text{ав}} = \frac{t_{\text{авт}}}{t_{\text{р}} + t_{\text{авт}}},$$

$K_{\text{ав}}$ рассчитывается по видам испытаний: 1,2,3-этапы и проверка исходного состояния, $K_{\text{ав}}$ учитывает степень автоматизации ЗКИ, $0 \leq K_{\text{ав}} \leq 1$ - направление улучшения показателя.

5. Коэффициент рациональности испытаний

$$K_p = \frac{t_{ки}}{t_{аи} + t_{пр} + t_{ки} + t_{ис}}$$

K_p характеризует степень преобладания 3-го этапа испытаний как основного вида проверок, $0 \leq K_p \leq 1$ - направление улучшения показателя.

6. Кубатурный коэффициент испытаний

$$K_v = \frac{V_{гч}}{V_{гч} + \Delta V_n + V_{ин}}$$

K_v учитывает долю кубатуры собранного по главной сборке изделия по отношению к общей кубатуре, необходимой для проведения ЭКИ, $0 \leq K \leq 1$ - направление улучшения показателя.

Предлагаемая система показателей позволяет:

получить развернутую количественную оценку технологичности изделия с точки зрения ЭКИ на этапе эскизного проекта изделия;
создать предпосылки для более эффективной отработки осваиваемых изделий на технологичность при ЭКИ;

разработать по результатам практических оценок типовые требования технологичности изделия, его элементов и комплектующей аппаратуры с точки зрения испытаний.

Экономическая эффективность от использования системы показателей может быть достигнута по следующим направлениям:

сокращение сроков подготовки ЭКИ как вида производства за счет запуска конструкторской документации, отвечающей единым технологическим требованиям по испытаниям;

снижение затрат на проведение ЭКИ за счет сокращения трудоемкости подготовительных работ и парка испытательного оборудования;

повышение качества ЭКИ за счет отработки более технологичной конструкции изделия.

Л и т е р а т у р а

1. Технологичность конструкции. ГОСТ 18 83I - 73.
2. Правила обеспечения технологичности конструкции изделий. ГОСТ 14 202 - 73, ГОСТ 14 204 - 73.
3. Методика отработки конструкций на технологичность и оценки уровня технологичности изделий машиностроения и приборостроения. М.; Издательство стандартов, 1973.